Lane Medical Library

Aus der Prothetischen Abteilung (Leiter: Professor Dr. med. dent. H. Türkheim) des Zahnärztlichen Instituts der Hamburgischen Universität (Direktor: Professor Dr. med. dent. et phil. G. Fischer).

„Über Belastungsfragen der Ankerzähne durch verschiedene Gold- und Stahlklammern."

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde der medizinischen Fakultät der Hamburgischen Universität

Referent Prof. Dr. Fischer

vorgelegt von

KURT FESSEL

Hamburg 1932

Über Belastungsfragen der Ankerzähne durch verschiedene Gold- und Stahlklammern.

Während der letzten 10 Jahre ist die partielle Prothese mehr und mehr in den Vordergrund getreten. Es sind drei Ursachen, die den Brückenersatz zu einem großen Teil verdrängt haben und den abnehmbaren Ersatz an seine Stelle setzten.

1. Der wirtschaftliche Rückgang nach dem Kriege machte es dem größten Teil der Bevölkerung unmöglich, sich kostspielige Goldarbeiten anfertigen zu lassen.

2. Man hat die Erfahrung gemacht, daß vielgliedrige Brücken, getragen von fünf und mehr Pfeilern, immer einen sehr großen Unsicherheitsfaktor in sich schließen, weil man nie weiß, wie sich die Brückenpfeiler auf die Dauer gegenüber der verstärkten Beanspruchung verhalten. Dazu kommt noch, daß wurzelbehandelte Zähne, ohne die man bei größeren Brückenarbeiten in den seltensten Fällen auskommt, immer die Möglichkeit einer Infektion der Wurzelhaut mit sich führen. Tritt eine Wurzelhautentzündung eines Brückenpfeilers ein, die konservierend oder chirurgisch nicht auszuheilen ist, wird man gezwungen sein, die Brücke zu entfernen und den betreffenden Zahn zu extrahieren. Kostspielige Reparaturen und Änderungen der Brücke ermöglichen es dann vielleicht, die Brücke wieder zu verwenden. In der Regel wird man aber vom Brückenersatz Abstand nehmen und statt dessen nun doch einen partiellen Ersatz anfertigen.

3. In den letzten Jahren ist es gelungen, den partiellen Ersatz wesentlich zierlicher und kosmetisch sowie hygienisch einwandfreier zu gestalten, als es früher der Fall war. Dies ist vor allem Hauptmeyer zu verdanken, der in dem V-2a-Stahl (Wipla) ein Metall herstellte, das in seinen mechanischen und chemischen Eigenschaften den Edelmetallen durchaus ebenbürtig und trotzdem durch seine geringen Herstellungskosten für alle Schichten der Bevölkerung erschwinglich ist. Die Verwendungsmöglichkeiten des V-2a-Stahls wurden namentlich von der Bonner Klinik (Direktor: Prof. Dr. Kantorowicz) erkannt und hier zuerst für den abnehmbaren Zahnersatz verarbeitet. Die Zeit des partiellen „Platten"-ersatzes ist damit vorüber. Anstelle der Platte ist der skeletierte Stahlbügel getreten,

der in jedem technischen Laboratorium mit einfachen Mitteln und geringen Kosten zu biegen ist. Der Kautschuk erfüllt eigentlich nur noch die Aufgabe, die künstlichen Zähne an dem Stahlbügel zu befestigen. So ist es gelungen, das organische Material aus dem Zahnersatz weitmöglichst auszuschalten und durch anorganisches zu ersetzen. Da hochwertiges Metall im Munde wesentlich geringeren Veränderungen ausgesetzt wird, so ist diese Art des Ersatzes hygienisch einwandfreier und daher für den Patienten angenehmer zu tragen. Außerdem wird der schmale Stahlbügel nicht so sehr als Fremdkörper empfunden wie die Kautschukplatte.

Durch die Vervollkommnung des partiellen Zahnersatzes ist die Frage der Verankerung immer dringender in den Vordergrund getreten. Die Erfahrung lehrt, daß einarmige Bandklammern, seien sie aus Gold oder Stahl angefertigt, eine zu große Belastung der Ankerzähne darstellen. Jede Bewegung, außer vielleicht der vertikalen, wird durch sie direkt auf die Klammerzähne übertragen. Dabei ist es gleichgültig, welches Material zu der einarmigen Klammer verwendet wird. Die Schädigung des Zahnbettes wird immer gleich groß sein, da die Platte bis direkt an den Äquator des Ankerzahnes heranreichen muß, um dem Ersatz in vertikaler Richtung genügend Halt zu geben. Wenn aber die Platte den Ankerzahn berührt, wird sich jeder horizontale Druck in Richtung auf den Klammerzahn hin trotz hochwertigen Klammermaterials direkt auf den Zahn fortpflanzen. Mögen die auftretenden Kräfte, die auf die Ankerzähne wirken, bei einer einmaligen horizontalen Bewegung der Prothese auch noch so gering sein, so ergeben sich durch Addition der Mahlbewegungen schon während eines Tages recht beträchtliche Werte. Westphal hat in seiner Dissertationsschrift den Belastungswechsel einer Klammer bei zehnjähriger Lebensdauer schätzungsweise auf 8,8 Millionen mal angegeben. Diese Werte sind bei Verwendung einarmiger Klammern nach den obigen Ausführungen auch auf die Ankerzähne selbst übertragbar. Es ist einleuchtend, daß selbst das kräftigste Zahnbett diesen Belastungen auf die Dauer nicht gewachsen ist. Mit diesen rein theoretischen Überlegungen stimmen die klinischen Erfahrungen mit einarmigen Bandklammern vollkommen überein. Die praktische Folgerung hieraus ist also, zu versuchen, die Platte räumlich vom Ankerzahn zu trennen, aus der Einheit von Platte, Klammer und Ankerzahn eine Zweiheit von Platte einerseits und Ankerzahn plus Klammer andererseits zu machen und beide, bildlich gesprochen, mit einem „Puffer“ zu verbinden, der geeignet ist, die bei einer Bewegung der Platte auftretenden Kräfte möglichst aufzufangen und weitgehendst zu neutralisieren; Gedankengänge, die in ihrer praktischen Auswertung der neueren Richtung in der Orthodontie ähnlich sind und durch die in letzter Zeit auf diesem Gebiet große Erfolge erzielt worden sind.

Diese Erwägungen waren es, die in der Prothetischen Abteilnng (Leiter: Prof. Dr. Türkheim) des Zahnärztlichen Instituts (Direktor: Prof. Dr. Fischer) Hamburg, bestimmend dafür wurden, die einarmigen Bandklammern überhaupt zu vermeiden und sie durch die zweiarmigen zu ersetzen. Der Vorteil lag darin, daß der Ankerzahn durch die Platte nicht mehr berührt zu werden brauchte, ohne daß der Halt des Ersatzes in vertikaler Richtung beeinträchtigt wurde. Trotzdem waren die Erfolge nicht befriedigend. Es zeigte sich, daß auch der 2—3 mm breite Klammerfortsatz nicht geeignet war, den Druck der Platte von den Ankerzähnen abzuhalten und dadurch als „Puffer" zu wirken. In diese Zeit fallen die Arbeiten von Baetz und Westphal, die zum ersten Mal nicht nur die mechanischen Eigenschaften der Klammermaterialien an sich untersuchten, sondern sie auch auf ihre Dimensionen hin prüften. Die Versuche ergaben, daß der Metalldraht dem Metallband und dem Guß in Bezug auf seine Elastizität weit überlegen ist. Auch Turner und in neuerer Zeit Kennedy schreiben schon über die großen elastischen Eigenschaften einfacher Gold-Drahtklammern und die Vorzüge ihrer Verwendung in der zahnärztlichen Prothetik. Von der Hamburger Klinik wurde dann, zuerst aus rein sozialen Gründen heraus, der V-2a-Stahldraht aus der Orthodontie her übernommen und in der Stahl-Schleifenklammer nach Professor Türkheim eine Form herausgebracht, die allen Anforderungen an eine Klammer gerecht wird, vor allem die oben erwähnte „Pufferung" von Platte und Ankerzahn in vollkommener Weise erfüllt.

Bei meiner Arbeit handelt es sich nun im wesentlichen darum, an Hand eines Kiefermodells, das die natürlichen Verhältnisse im Munde weitgehend nachahmen will, die Krafteinwirkungen verschiedener gebräuchlicher Klammerformen auf die Ankerzähne zu untersuchen. Zu diesem Zwecke ist ein Oberkiefermodell aus Spencemetall hergestellt worden, das mit einer ca. 2 mm dicken Schicht aus weichbleibendem Kautschuk überzogen wurde. (Ähnliche Versuche mit weichbleibendem Kautschuk sind schon von Wustrow angestellt, um die Hebelwirkungen reitend verankerter Plattenprothesen auf die „Steg"-zähne zu veranschaulichen). Der Kautschuk in dieser Form ist gummiähnlich, gibt also bei einer Krafteinwirkung nach, ganz ähnlich also wie im Munde die bewegliche Gaumenschleimhaut. Als Ankerzähne wurden die Kronen eines rechten und linken oberen Molaren benutzt. Die Wurzeln wurden vorher abgesägt und durch Randolfmetall ersetzt, die auch mit einer 2 mm dicken Schicht elastischen Kautschuks umgeben wurden. Übertragen auf die natürlichen Verhältnisse im Munde würde diese Kautschukschicht dem Parodontium mit seinen elastischen Fasern ähnlich sein. Kurz ausgedrückt ist also das Spencemetall dem Kieferknochen, die elastische Kautschukschicht auf dem Spencemodell

der verschieblichen Gaumenschleimhaut, die Randolfwurzeln den Zahnwurzeln und die Kautschukschicht um die Wurzeln herum dem Parodontium ähnlich. (Abbildung 1)

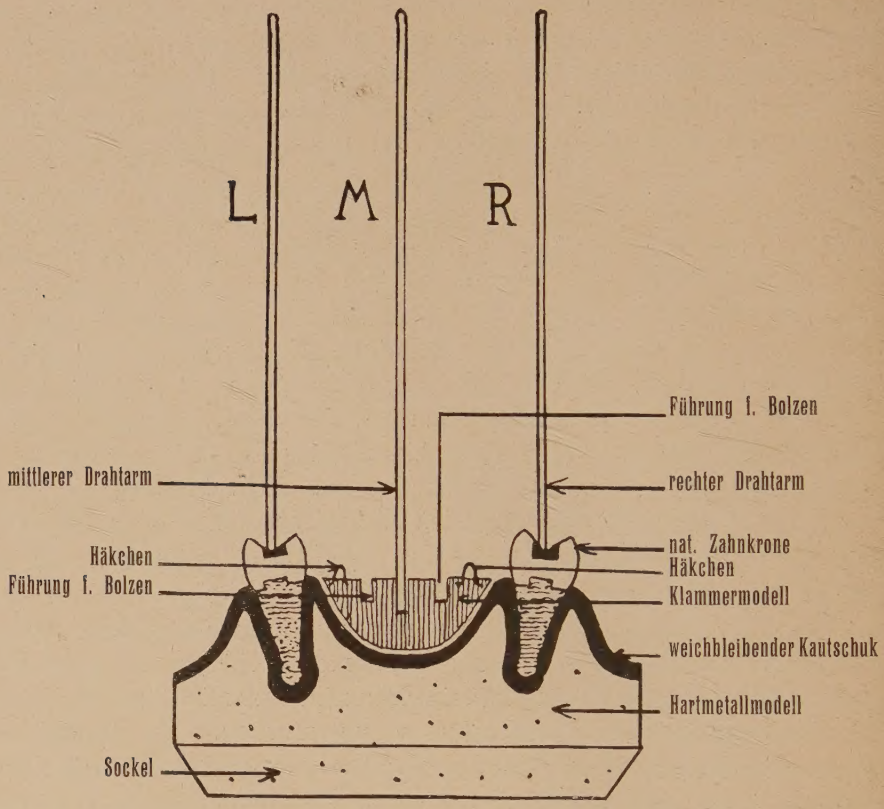

Abb. 1
Versuchsmodell im Querschnitt, frontal durch 6|6 gelegt. (Die Abwinklung der Drahtarme nach vorn sowie die Laschen sind in diesem Schnitt nicht getroffen worden).

Es sei an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, daß dies nur eine unvollkommene Nachahmung der natürlichen Verhältnisse im Munde sein kann. Aus diesem Grunde sind die weiter unten errechneten Werte durchaus nur bedingt anzusehen und auch nicht mit exakten Elastizitätsmessungen, wie sie von Westphal, Baetz und Terjung angestellt wurden, in Einklang zu bringen. Praktisch spielt es für meine Untersuchungen jedoch keine Rolle, ob der weichbleibende Kautschuk, wie er

an meinem Modell verwendet wurde, den natürlichen Verhältnissen der Schleimhaut und des Parodontiums genau entspricht. Immer wird es sich nur um vergleichende Werte der einzelnen Klammerformen untereinander handeln können.

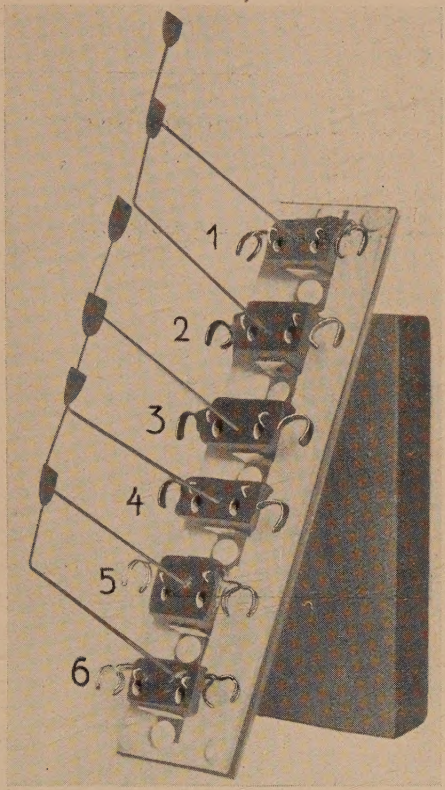

Abb. 2

Zusammenstellung der einzelnen Klammermodelle. (Die unten beschriebenen Drahtarme mit den Laschen hängen natürlich nur scheinbar miteinander zusammen. An den Modellen sind die Löcher im Kautschuk für die Stahlbolzen des Schlittens zu erkennen).

1. Gußgoldklammer (zweiarmig mit Auflage) Querschnitt ca. 1,14 mm
   Material: Klammergold 18 kt.
2. Goldbandklammer (zweiarmig) Stärke 0,5 mm
   Material: Klammergold 18 kt.
3. Stahlbandklammer (einarmig) Stärke 0,55 mm
   Material: V-2a-Stahl.
4. Goldbandklammer (einarmig) Stärke 0,5 mm
   Material: Klammergold 18 kt.
5. Schleifenklammer (zweiarmig) Stärke 0,7 mm
   Material: V-2a-Stahldraht.
6. Schleifenklammer (zweiarmig) Stärke 0,7 mm
   Material: Platalor (7 % Platin).

Von dem Modell sind dann Gipsabdrücke genommen und nach ihnen Kautschukstücke mit vier verschiedenen Klammerformen angefertigt. Für die einarmigen Bandklammern sowie für die Schleifenklammern sind als Herstellungsmaterial einmal Gold und einmal Stahl verwendet worden, so daß sich sechs Kautschukstücke ergaben. Diese sind in Abb. 2 (siehe oben) zusammengestellt. Über ihre Form und Herstellungsart ist im einzelnen nichts zu sagen, da die vier ersten genügend bekannt sind, und die zwei letzten, die Schleifenklammern, von Türkheim (Zahnärztliche Rundschau Nr. 40 Jahrgang 1932), sowie neuerlich von Supper in seiner Dissertation ausführlich beschrieben worden sind.

Läßt man auf diese Kautschukstücke horizontale Kräfte einwirken, so werden sich, begünstigt durch die Nachgiebigkeit des weichbleibenden Kautschuks, sowohl die Zähne als auch die Platte bewegen. Es kam darauf an, diese natürlich minimalen Bewegungen von Platte und Ankerzahn zu registrieren, sie rechnerisch zu erfassen und zueinander in Beziehung zu bringen. Zu diesem Zweck wurde ein Apparat konstruiert, wie er in Abb. 3 und 4 gezeigt ist. Das Spencemodell wurde in eine Sperrholz-

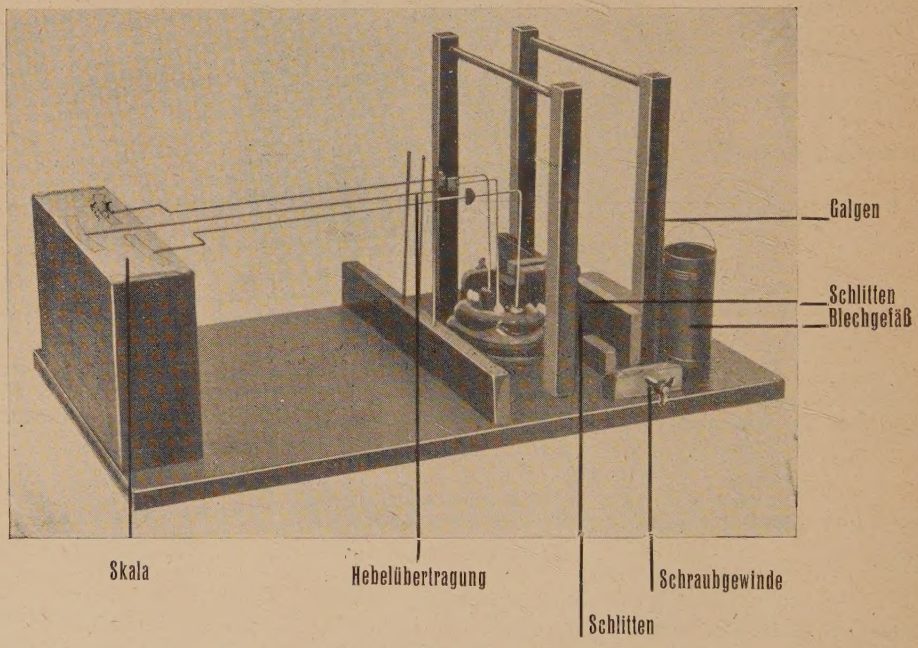

Abb. 3
Versuchsanordnung von der Seite gesehen.
(Die beiden Galgen und das Blechgefäß rechts dienen zu Gewichtsbestimmungen, wie weiter unten beschrieben ist).

platte eingelassen. Sowohl die beiden Ankerzähne als auch die Kautschukstücke wurden mit senkrechten Drahtarmen versehen, die in der Höhe von ungefähr 8 cm nach vorn abgebogen und an deren Enden drei ca. 1 cm breite, senkrecht stehende Laschen befestigt wurden. Ungefähr 3 cm vor dem Modell wurden drei Metallstäbe in die Holzplatte eingelassen, die als Drehpunkte für drei Hebelarme dienen. Die kurzen Enden der Hebelarme stehen so in Beziehung zu den senkrechten Drahtarmen der Kautschukplatte und der Zähne des Spencemodells. Die langen Enden der Hebelarme zeigen nach vorn zu auf drei kreisförmige Skalen, deren Einteilung in mm erfolgte.

Hinter dem Modell ist ein Schlitten angebracht, der in der Richtung von rechts nach links und umgekehrt zu bewegen ist. Mittels zweier seitlich angebrachter Schraubgewinde ist die Stärke dieser Bewegung zu dosieren. Nach vorn zu passen zwei senkrecht stehende Zapfen des Schlittens in entsprechende Löcher der Kautschukstücke (Abb. 2). Diese Versuchsanordnung dient dazu, die auf die Ankerzähne horizontal einwirkenden Kräfte zu messen, wie weiter unten ausführlich beschrieben wird. Außerdem soll aber noch die bleibende Deformation, die eine Klammer durch diese horizontale Beanspruchung erfährt, festgestellt werden. Das geschieht durch Belastung der Kautschukstücke mit Gewichten. Zu diesem Zweck sind über dem Modell zwei Galgen errichtet worden, über die ein Faden läuft. An dem einen Ende des Fadens ist ein Blechbehälter befestigt, das andere greift mittels eines Häkchens in eine Schlinge, deren Enden mit zwei Drahtösen in entsprechende Haken der Kautschukstücke hineinfassen. Als Gewichte wurden Schrotkugeln benutzt. Belastet man den Blechbehälter, so wird für jedes der sechs Kautschukstücke der Augenblick festzustellen sein, wo sich die Klammern von den Zähnen lösen. Dieser Versuch ist für jede Klammerform gemacht worden, die Belastung in g ausgedrückt und so zahlenmäßig festgehalten. Nachdem die weiter unten beschriebenen seitlichen Verschiebungen der Platte ausgeführt worden sind, ist der Versuch mit den Schrotkugeln wiederholt worden. Da die Klammern in der Zwischenzeit stark beansprucht waren, alle Metalle aber dadurch in ihren mechanischen Eigenschaften geschädigt werden, so ergaben sich für alle sechs Klammerarten geringere Endwerte, die natürlich nach Form und Material der Klammern variieren. In den Tabellen I—VI sind die Anfangswerte als X, die Endwerte als Y bezeichnet; die Differenz zwischen beiden, die Ermüdung also, die die Klammern durch die seitlichen Beanspruchungen erfahren, durch Subtraktion festgestellt und in Tabelle VII neben den entsprechenden Endergebnissen der unten beschriebenen Versuche aufgeführt.

Bewegt man den Schlitten mittels der Schrauben, so überträgt sich diese Bewegung auf das Kautschukstück und über die Klammern auf die beiden Ankerzähne. Es wird also auf den drei Skalen ein Ausschlag abzulesen sein. Ist eine Klammer sehr elastisch, so daß sie die oben erwähnte „Puffer"-wirkung weitgehend erfüllt, so wird der Ausschlag der seitlichen Hebel (L = linker Hebel, R = rechter Hebel) sehr gering, der Ausschlag des mittleren Hebels (M) im Verhältnis dazu sehr groß sein. Ist andererseits die Klammer sehr starr und unelastisch, so daß sich die Bewegungen des Kautschukstückes ohne Pufferung direkt auf die Zähne übertragen, so wird das Ausschlagsverhältnis umgekehrt sein; die Bewegung der seitlichen Arme groß, des mittleren entsprechend gering.

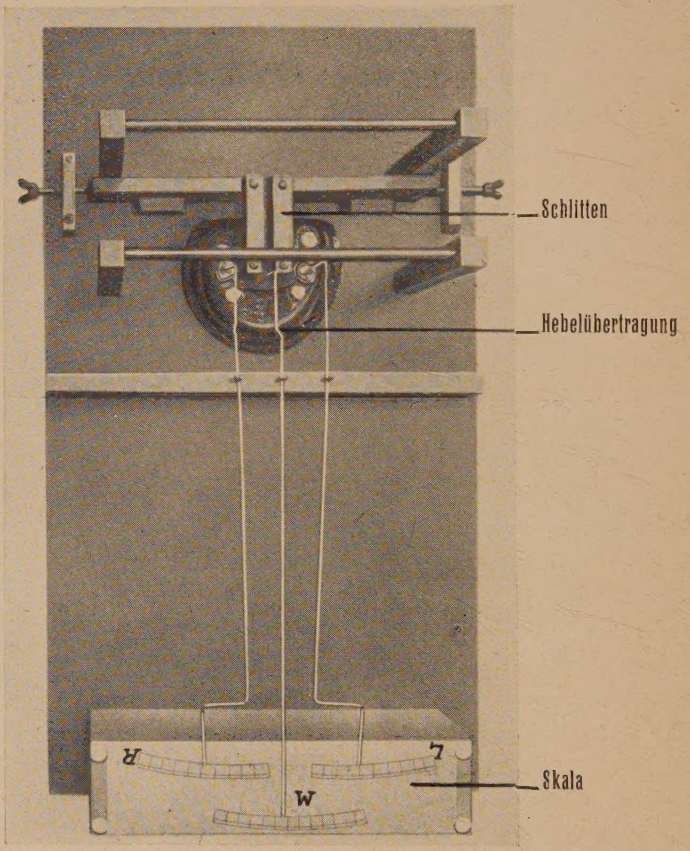

Abb. 4
Versuchsanordnung von oben gesehen.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die drei Ausschläge nicht als absolute Werte angesehen werden dürfen, sondern immer nur als Verhältnis der beiden seitlichen Arme zu dem mittleren. Die Seitwärtsbewegung des Kautschukstückes ist, bedingt durch den Schlitten, eine reine Parallelverschiebung, während die Bewegung der Zähne praktisch eine Kippung darstellt, die sich natürlich bei einer Hebelübertragung sehr stark auswirken wird. Aus diesem Grunde sind die Ausschläge L und R in jedem Fall unverhältnismäßig größer als die von M. (Abb. 5 sucht das zu veranschaulichen). Da aber alle Versuche unter diesen gleichen Bedingungen erfolgt sind, spielt das bei einem Vergleich der Werte von L und R zu M keine Rolle. Um anzudeuten, daß die Hebelübertragung von M mit der von L und R nicht übereinstimmt, ist M etwas länger gewählt worden. (Abb. 3 u. 4).

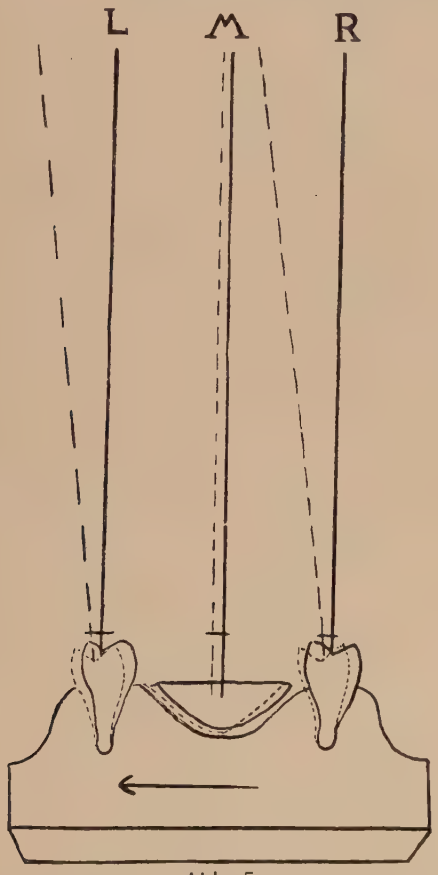

Abb. 5

Die Figur veranschaulicht den Weg, den Zähne und Platte bei einer seitlichen Verschiebung nach links nehmen und die Größenunterschiede der Ausschläge von L und R im Verhältnis zu M.

Die Versuche sind nun so ausgeführt, daß jedes der sechs Kautschukstücke mittels des Schlittens fünfmal nach rechts und fünfmal nach links (——► und ◄——) bewegt wurde. Als Einheit wurde ungefähr eine halbe Schraubenumdrehung gewählt. Es wurden dann bei jedem Versuch die Anfangs- und Endstellungen (A und E in Tabelle I—VI) der Hebelarme auf den Skalen abgelesen. Aus A und E wurden dann für die Hebelarme M, L und R die absoluten Ausschläge errechnet und addiert. Durch einen einfachen Verhältnisansatz wurde dann das Verhältnis von M zu L und M zu R ausgerechnet. Aus den zwei Versuchsreihen ($\overset{I}{——►}$ und $\overset{II}{◄——}$ in den Tabellen I—VI, wobei die Pfeile die jeweilige Bewegungsrichtung angeben) ergeben sich so vier Proportionen; von den einander entsprechenden wurden die mittleren Werte genommen, von den beiden übrigbleibenden Gleichungen, dann endlich der mittlere Wert von L und R ausgerechnet. Das Endergebnis ist also das Verhältnis von M : Z (wobei Z den Mittelwert von L und R darstellt). Diese Ausrechnung ist in Tabelle I ausführlich durchgerechnet worden. In den übrigen Tabellen sind der Einfachheit halber nur die Endwerte angegeben. Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle VII zusammengestellt worden.

Es würde also, wenn man versucht, die Gleichung I in Tabelle VII (M : Z = 1 : 14,34) in Worte zu kleiden, heißen: es verhält sich der Skalenausschlag des Kautschukstückes (M) zu den Ausschlägen der Ankerzähne (Z) wie 1 : 14,34. Anders ausgedrückt, wenn dieses Kautschukstück (horizontal nach rechts oder links) um eine Einheit verschoben wird, bewegen sich die Ankerzähne um 14,34 (natürlich andere) Einheiten. Ueberträgt man das auf die Verhältnisse im Munde, so kommt man zu dem Resultat, daß die **gegossene** zweiarmige Goldklammer bei den durch die Mahlbewegungen auftretenden horizontalen Bewegungen der Prothese einen Druck von 14,34 Kräfteeinheiten auf die Ankerzähne ausübt, wenn die **gelötete** zweiarmige Goldklammer einen Druck von 8,35, die einarmige Stahlbandklammer einen Druck von 3,66, die einarmige Goldbandklammer einen Druck von 1,71, die Schleifenklammern einen Druck von rund 0,50 Kräfteeinheiten ausübt.

Tab. I

I. Gegossene Goldklammer.

(Modell I)

	I →						← II					
	L		M		R		L		M		R	
A	1,50	0,70	0,35	0,10	1,10	0,60	2,20	0,50	0,55	0,05	— 0,35	1,05
E	0,80		0,45		1,70		2,70		0,60		+ 0,70	
A	1,40	0,65	0,35	0,05	1,15	0,60	2,20	0,55	0,50	0,00	— 0,25	1,05
E	0,75		0,40		1,75		2,75		0,50		+ 0,80	
A	1,35	0,65	0,45	0,05	1,15	0,55	2,20	0,60	0,60	0,05	— 0,20	0,90
E	0,70		0,50		1,70		2,80		0,65		+ 0,70	
A	1,25	0,55	0,35	0,05	1,10	0,60	2,10	0,55	0,30	0,05	— 0,10	0,80
E	0,70		0,40		1,70		2,65		0,35		+ 0,70	
A	1,20	0,50	0,35	0,05	1,20	0,55	2,15	0,65	0,50	0,05	— 0,15	0,85
E	0,70		0,40		1,75		2,80		0,55		+ 0,70	
		3,05		0,30		2,90		2,85		0,20		4,65
M : L - 0,30 : 3,05 M : R - 0,30 : 2,90							M : L - 0,20 : 2,85 M : R - 0,20 : 4,65					
M : L - 1 : 10,17 M : R - 1 : 9,67							M : L - 1 : 14,25 M : R - 1 : 23,25					

$M_{II} : L_{II} = 1 : 12{,}21$ $M_{II} : R_{II} = 1 : 16{,}46$

M : Z = 1 : 14,34

Anfangsbelastung X = 410 g
Endbelastung Y = 273 g
Deformation = 137 g

Tab. II

II. Gelötete Goldbandklammern.

(Modell II)

	I →						II ←					
	L		M		R		L		M		R	
A	1,90	0,40	1,65	0,05	−1,05	0,25	2,40	0,70	1,10	0,05	— 0,50	0,30
E	1,50		1,60		−1,30		3,10		1,15		— 0,20	
A	1,95	0,50	1,60	0,05	−1,10	0,25	2,45	0,60	1,10	0,05	— 0,50	0,30
E	1,45		1,55		−1,35		3,05		1,15		— 0,20	
A	1,85	0,50	1,60	0,05	−1,15	0,30	2,45	0,60	1,10	0,05	— 0,40	0,25
E	1,35		1,55		−1,45		3,05		1,15		— 0,15	
A	1,95	0,45	1,50	0,05	−1,15	0,20	2,55	0,75	1,10	0,05	— 0,30	0,35
E	1,50		1,55		−1,35		3,30		1,15		— 0,05	
A	1,90	0,50	1,50	0,05	−1,15	0,25	2,50	0,70	0,95	0,05	— 0,30	0,20
E	1,40		1,45		−1,40		3,20		1,00		— 0,10	
		2,35		0,25		1,25		3,35		0,25		1,40

M : Z = 1 : 8,35

Anfangsbelastung X = 361 g
Endbelastung Y = 318 g
Deformation = 43 g

Tab. III

III. Gebogene Stahlbandklammern.

(Modell III)

	I						II					
	L		M		R		L		M		R	
A	0,45	0,70	−0,45	0,15	−0,70	0,15	1,45	0,60	0,65	0,10	0,15	0,40
E	−0,20		−0,60		−0,85		2,05		0,75		0,55	
A	0,50	0,70	−0,45	0,15	−0,65	0,20	1,70	0,80	0,70	0,15	0,25	0,60
E	−0,20		−0,60		−0,85		2,50		0,85		0,85	
A	0,50	0,70	−0,45	0,15	−0,65	0,20	1,90	0,65	0,75	0,15	0,35	0,60
E	−0,20		−0,60		−0,85		2,55		0,90		0,95	
A	0,45	0,75	−0,45	0,20	−0,70	0,25	1,85	0,65	0,80	0,10	0,40	0,50
E	−0,30		−0,65		−0,95		2,50		0,90		0,90	
A	0,45	0,75	−0,50	0,15	−0,70	0,20	1,80	0,80	0,80	0,20	0,40	0,60
E	−0,30		−0,65		−0,90		2,60		1,00		1,00	
		3,60		0,80		1,00		3,50		0,70		2,70

M : Z = 1 : 3,66

Anfangsbelastung X = 301 g
Endbelastung Y = 242 g
Deformation = 59 g

Tab. IV

IV. Gebogene Goldbandklammern.

(Modell IV)

	I →						← II					
	L		M		R		L		M		R	
A	0,95	0,30	−0,85	0,15	−0,60	0,30	1,55	0,25	0,20	0,30	0,00	0,35
E	0,65		−1,00		−0,90		1,80		0,50		0,35	
A	0,95	0,25	−0,85	0.20	−0,55	0,45	1,60	0,30	0,25	0,20	0,05	0,30
E	0,70		−1,05		−1,00		1,90		0,45		0,35	
A	0,90	0,25	−0,85	0,15	−0,50	0,40	1,65	0,30	0,30	0,20	0,15	0,35
E	0,65		−1,00		−0,90		1,95		0,50		0,50	
A	0,95	0,35	−0,80	0,20	−0,25	0,55	1,60	0,25	0,40	0,15	0,10	0,30
E	0,60		−1,00		−0,80		1,85		0,55		0,40	
A	0,95	0,30	−0,85	0,15	−0,35	0,40	1,65	0,30	0,45	0,20	0,15	0,35
E	0,65		−1,00		−0,75		1,95		0,65		0,50	
	1,45		0,85		2,10		1,40		1,05		1,65	

M : Z = 1 : 1,71

Anfangsbelastung X = 263 g
Endbelastung Y = 211 g
Deformation = 52 g

Tab. V

V. Stahlschleifenklammer.

(Modell V)

	I →						← II					
	L		M		R		L		M		R	
A	0,30	0,20	−1,00	0,40	0,00	0,20	0,40	0,15	−0,60	0,30	0,20	0,20
E	0,10		−1,40		−0,20		0,55		−0,30		0,40	
A	0,25	0,35	−1,00	0,40	0,05	0,30	0,50	0,10	−0,50	0,25	0,30	0,10
E	−0,10		−1,40		−0,25		0,60		−0,25		0,40	
A	0,20	0,10	−1,00	0,40	−0,05	0,35	0,45	0,15	−0,60	0,30	0,30	0,15
E	0,10		−1,40		−0,40		0,60		−0,30		0,45	
A	0,20	0,25	−1,00	0,45	−0,05	0,35	0,55	0,10	−0,40	0,20	0,30	0,10
E	−0,05		−1,45		−0,40		0,65		−0,20		0,40	
A	0,10	0,25	−1,25	0,30	−0,20	0,25	0,55	0,10	−0,40	0,20	0,35	0,05
E	−0,15		−1,55		−0,45		0,65		−0,20		0,40	
		1,15		1,95		1,45		0,60		1,25		0,60

M : Z = 1 : 0,58

Anfangsbelastung X = 236 g
Endbelastung Y = 231 g
Deformation = 5 g

Tab. VI

VI. Goldschleifenklammer.

(Modell VI)

	I →						← II					
	L		M		R		L		M		R	
A	0,40	0,15	1,40	0,40	−1,25	0,30	2,25	0,30	2,00	0,50	−0,55	0,10
E	0,25		1,00		−1,55		2,55		2,50		−0,45	
A	0,40	0,15	1,45	0,45	−1,15	0,40	2,45	0,15	2,05	0,50	−0,60	0,10
E	0,25		1,00		−1,55		2,60		2,55		−0,50	
A	0,50	0,25	1,45	0,50	−1,15	0,40	2,45	0,15	2,15	0,45	−0,55	0,10
E	0,25		0,95		−1,55		2,60		2,60		−0,45	
A	0,55	0,30	1,35	0,40	−1,20	0,35	2,40	0,20	2,05	0,55	−0,55	0,05
E	0,25		0,95		−1,55		2,60		2,60		−0,50	
A	0,60	0,30	1,40	0,45	−1,15	0,40	2,40	0,20	2,00	0,65	−0,55	0,05
E	0,30		0,95		−1,55		2,60		2,65		−0,50	
		1,15		2,20		1,85		1,00		2,65		0,40

M : Z = 1 : 0,50

Anfangsbelastung X = 267 g
Endbelastung Y = 265 g
Deformation = 2 g

Tab. VII

Ergebnis.

Klammer		Ausschlagsverhältnisse	Deformationswerte
Klammer	Mod. I:	M : Z = 1 : 14,34	132 g
„	„ II:	M : Z = 1 : 8,35	43 g
„	„ III:	M : Z = 1 : 3,66	59 g
„	„ IV:	M : Z = 1 : 1,71	52 g
„	„ V:	M : Z = 1 : 0,58	5 g
„	„ VI:	M : Z = 1 : 0,50	2 g

Vergleicht man diese Werte untereinander und bezieht sie auf die Ergebnisse für die Schleifenklammern, (also auf rund 0,50), so kann man folgern, daß die gegossene Goldklammer das Zahnbett des Ankerzahnes rund 28 mal so stark belastet wie die Schleifenklammer. Diese Belastungszahlen würden für die gelötete zweiarmige Goldklammer, rund gerechnet, 17, für die einarmige Stahlbandklammer 7, für die einarmige Goldbandklammer 2,5 sein.

Ergebnis.

A. Zu Klammermodell I.

Die gegossene Goldklammer überträgt die bei der Mahlbewegung entstehenden Kräfte am stärksten auf die Ankerzähne. Die Pufferwirkung dieser Klammer ist also am geringsten. Das ist erklärlich, weil der Querschnitt einer gegossenen Goldklammer wegen der großen Bruchgefahr im Verhältnis zu den anderen Klammerarten immer sehr groß sein muß. Der freie Klammerfortsatz, der bei Klammermodell I, II, V, VI gleich lang gehalten wurde, ist also, bezogen auf die geringen Kräfte, die er auffangen soll, zu unelastisch. Die Prothese wird durch ihn wohl einen festen Sitz haben; dieser Vorzug aber geht mit der Zeit immer auf Kosten der Festigkeit des Zahnbettes. Darum wird man sich nur in den Fällen für diese Klammerform entschließen, wo mehrere Zähne zur Verankerung verwendbar sind und nur wenig Zähne ersetzt werden brauchen.

B. Zu Klammermodell II.

Die gelötete zweiarmige Bandklammer gibt die zweitgrößten Belastungswerte für die Ankerzähne. Bei dieser Form kommt schon die größere Elastizität der bandartigen gegenüber der gegossenen Klammer zur Geltung. Von einer Pufferung kann aber auch hier nicht die Rede sein, da sich bei den horizontalen Mahlbewegungen der bandartige, freie Klammerfortsatz „über die Kante“ biegen lassen müßte, um die entstehenden Kräfte voll und ganz aufzufangen. Das ist aber nach einfachen physikalischen Gesetzen nicht möglich.

Trotzdem haben I und II den Vorzug vor den einarmigen Bandklammern, daß sie es ermöglichen, die Ankerzähne vom Kautschuk freizuhalten. Auf die Schäden, die durch eine direkte Berührung der Platte mit dem Restgebiß hervorgerufen werden, hat Geyer schon ausführlich hingewiesen.

C. Zu Klammermodel III und IV.

Die Stahl- und Goldbandklammern ergeben in der Zusammenstellung der Versuchsresultate verhältnismäßig günstige Werte. Da die Platte den Ankerzähnen direkt anliegt, müßte die Bewegungsübertragung der Platte auf L und R auch eine direkte sein. Das heißt also, die Belastungswerte müßten in Tabelle VII für einarmige Klammern am größten sein. Das ist aber nicht der Fall und wird aus folgender Überlegung klar. Das Wesentliche an einer Klammer ist die Fähigkeit, einen Gegenstand festzuhalten. Trennt man die einarmige Klammer aus dem Kautschuk heraus, so bleibt nur ein Klammerarm übrig, der diese Fähigkeit des Festhaltens natürlich nicht hat. Wenn man also von einer einarmigen Klammer spricht, so ist das eigentlich Unsinn. Man könnte höchstens sagen, ein Metallband kann nur mit dem Kautschuk zusammen als Klammer wirken. Das heißt also: die eine Hälfte der Klammerfunktion trägt das Metallband, wenn die andere durch die Kautschukplatte selbst getragen wird. Da der Kautschuk unelastisch ist, so hat er nicht die Fähigkeit, über den Äquator eines gewölbten Zahnes hinüberzugleiten und „einzuschnappen". Aus diesem Grunde besteht also immer die Möglichkeit, daß sich die Platte bei einem Druck auf den Ankerzahn hin, an der gewölbten Seite des Zahnes kronenwärts heraufschiebt, der Druck also nur so lange auf den Zahn wirkt, wie ein Kontakt zwischen Kautschuk und Zahn besteht. Im Munde sorgt ja der Gegenbiß dafür, daß der Ersatz bei den Mahlbewegungen nicht abgehoben wird. Da bei den Modellversuchen der Gegenbiß fehlt, so ist diese Fehlerquelle trotz exakter Anfertigung der Kautschukplatten nicht gänzlich auszuschalten gewesen. Aus diesem Grunde sind die Belastungswerte für die einarmigen Klammern so günstig ausgefallen. Anders liegt der Fall, wenn der Ersatz von dem Ankerzahn fortbewegt wird, wenn die Klammer also „zieht". Hierbei wirken die elastischen Fähigkeiten des Metallbandes selbst, da die Platte ja den Kontakt mit dem Zahn verliert. Zusammenfassend kann also gesagt werden: die einarmige Klammer wirkt wohl elastisch, wenn sie zieht, vollkommen unelastisch dagegen, wenn sie gestoßen wird. Da die Bewegungen der Prothese während des Kauaktes dauernd in ihrer Richtung wechseln, werden die Ankerzähne ebenfalls wechselnd beansprucht werden. Diese Tatsache wirkt sich natürlich bei den Versuchen in stärkstem Maße aus. Sie ist auch die wesentliche Ursache dafür, daß in beiden Versuchsreihen ($\xrightarrow{\text{I}}$ und $\xleftarrow{\text{II}}$) die Werte für L und R so verschieden sind. Über die Indikation der einarmigen Bandklammer kann nach dem oben ausgeführten kein Zweifel bestehen. Man sollte sie nach Möglichkeit ganz vermeiden und durch andere Formen ersetzen.

D. Zu Klammermodell V und VI.

Die Schleifenklammern nach Türkheim ergeben bei den Versuchen die günstigsten Werte. Das stimmt mit den klinischen Erfahrungen der Hamburger Schule vollkommen überein. Es sind Fälle beobachtet worden, wo bei einem Zahnbestand von jeseits einem Molaren im Oberkiefer die Platte mit dem Finger auf der Schleimhaut hin- und hergeschoben werden konnte, ohne daß sich die Ankerzähne sichtbar bewegten. Die Pufferung dieser Klammer ist also eine sehr vollkommene. Der Grund hierfür liegt nicht so sehr in den Klammerarmen, als in der Länge des freien Klammerfortsatzes. Immer mehr ist man, in Anlehnung an die langarmige orthodontische Fingerfeder, die in der Orthodontischen Abteilung (Leiter: Dr. H. Schröder) fast ausschließlich verwendet wird, zu der Überzeugung gekommen, daß die Pufferwirkung um so größer ist, je länger der freischwebende Klammerfortsatz gewählt wird. Um den Nachteil des Speisefängers zu vermeiden, hat man versucht, den Klammerfortsatz freischwebend in der Platte selbst zu verankern, ihn also in eine Art Tunnel einzulassen, der ihm genug Bewegungsfreiheit läßt, die Pufferwirkung des langen Armes voll und ganz auszunutzen. Ich weise hier auf die Dissertation von Supper hin, der diese „Tunnelverankerung" ausführlich behandelt.

Zusammenfassend ergibt sich also, daß die Schleifenklammer das Zahnbett am geringsten schädigt. Die Deformationsergebnisse für die einzelnen Klammern zeigen, daß die Schleifenklammern auch bei starker Beanspruchung kaum bleibende Deformationen erleiden. Das heißt also, die Klammern werden sich beim „Setzen" der Prothese weder ins Zahnfleisch pressen noch auf dem Schmelz hin- und herreiten. Es gibt bei exakter Anfertigung und normaler Zahnform nur eine Lagebeziehung von Klammer zu Zahn. Da, wie schon Kennedy feststellte, runder Draht die geringsten Schäden auf den Schmelz ausübt, die Reibung durch den festen Sitz fast ganz fortfällt, wird der Zahn selbst auch weitgehend geschont. Die Klammer übt also im Vergleich zu den anderen Formen nur eine geringe Schädigung auf Schmelz, Zahnfleisch und Zahnbett aus; die Herstellungskosten (V-2a-Stahl!) sind außerdem so gering, daß es zu wünschen wäre, wenn sich die Stahlschleifenklammer nach Türkheim recht bald in der breiten Öffentlichkeit durchsetzen würde, um die konfektionsmäßig hergestellten Stahlbandklammern in ihrer Verwendung zu ersetzen.

Am Schluß meiner Arbeit gestatte ich mir, Herrn Professor Dr. med. dent. H. Türkheim für die Anregung zu vorliegenden Untersuchungen und für seine liebenswürdige Unterstützung meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Schriftennachweis.

Baetz:
Klammerprüfung in Abhängigkeit von Form und Dimension. Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift 1931, Nr. 2.

Geyer:
Fehlkonstruktionen auf dem Gebiete der partiellen Prothese. Zeitschrift für Stomatologie 1932, Nr. 19.

Kennedy:
Partielle Zahnprothesen und ihre Herstellung. 1932.

Supper:
Inwieweit läßt sich Stahldraht als Klammermaterial verwenden. Dissertation Hamburg 1932.

Terjung:
Untersuchungen der mechanischen Eigenschaften einer Reihe von Klammergoldlegierungen. Dissertation Göttingen 1932.

Türkheim:
Über die Stahlschleifenklammer. Zahnärztliche Rundschau 1932, Nr. 40.

Turner-Anthony:
Prothetic Dentistry 1928.

Westphal:
Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften der Klammermetalle und ihre Veränderungen. Zahnärztliche Rundschau 1929, Nr. 21 und 22.

Wustrow:
Klinik der Plattenprothetik. 1932.

Lebenslauf.

Am 22. Mai 1910 bin ich als Sohn des Mittelschullehrers Karl Fessel und seiner Ehefrau Martha, geb. von Appen zu Hamburg geboren.

Nach Ablegung der Reifeprüfung 1928 an der Oberrealschule/Bogenstraße, Hamburg, begann ich hier das zahnärztliche Studium. Ich bestand das Physikum am 15. März 1930 und das zahnärztliche Staatsexamen am 28. April 1932.